

Kandidaatintyö
Hilda Uusitalo

KESTÄVÄ MUUTOS

KIERTOTALOUDEN PERIAATTEET SUOMALAISESSA
ASUNTOARKKITEHTUURISSA

AALTO-YLIOPISTO
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Arkkitehtuurin koulutusohjelma

15.5.2019

Tekijä Hilda Uusitalo

Työn nimi Kestävä muutos – Kiertotalouden periaatteet suomalaisessa asuntoarkkitehtuurissa

Laitos Arkkitehtuurin laitos

Koulutusohjelma Arkkitehtuuri

Vastuupettaja Hannu Huttunen

Ohjaaja Anne Tervo

Vuosi 2019

Sivumäärä 33

Kieli suomi

TIIVISTELMÄ

Tämä kandidaatintutkielma selvitti arkkitehdin mahdollisuuksia vaikuttaa rakennusten säilymiseen käytössä mahdollisimman pitkään. Käyttöiän maksimointi on kiertotalouden periaatteiden mukaista ja kannattavaa niin ekologisesti kuin taloudellisestikin mitattuna. Rakennuksia puretaan ja korvataan uusilla, vaikka ne teknisesti kestäisivät vielä vuosien kulutusta. Funktionaalinen vanhentuminen lyhentää rakennusten elinkaarta merkittävästi. Se johtuu usein tekniikan kehittymisestä, mikä vaikuttaa käyttäjän tarpeisiin suhteessa tilajakoon ja tilankäytön mahdollisuuksiin. Myös ajan saatossa muuttuva asuntokuntien rakenne muokkaa osaltaan asuntotuotantoon kohdistuvaa kysyntää.

Kiertotalousjärjestelmässä jätteen syntyminen estetään suunnittelulla ja materiaali säilyttää arvonsa pysyen suljetussa kierrossa. Rakennus olisi siis syytä säilyttää rakennuksena, vaikka sen toiminnallinen käyttötarkoitus muuttuisi. Tulevat käyttötavat huomioiva suunnittelu on arkkitehdeille yksi keskeisiä keinoja vaikuttaa rakennusten kestävyys- ja elinkaaren pituuteen. Kokonaiselinkaaren ja muuntojoustavuuden suunnittelu ovat arkkitehdin työvälineitä muutokseen varautumisessa. Niillä voi myös merkittävästi vähentää rakennusten elinkaarikustannuksia.

Työn menetelmä oli kirjallisuustutkielma. Sitä taustoittaneet tärkeimmät teorianäkökulmat olivat metabolismi, biomimetikka sekä kerrostaen rakentaminen. Työ rajautui käsittelemään kestävyyttä käyttötarpeen muutokseen varautumisen näkökulmasta osana kiertotalouden periaatteiden mukais- ta suunnittelua suomalaisessa asuntotuotannossa. Sen tavoitteena oli herättää ajatuksia rakentamisen suhteesta luonnon kiertokulkuun ja kiertotalouteen, sekä kyseenalaistaa totut arkkitehdin vastuun rajat. Kiertotalousmallia sovelletaan jo jonkin verran, mutta sen käyttöönoton on laajennuttava nopeasti, jotta ilmastonmuutoksen hillintätavoitteet toteutuisivat. Tämän vuoksi aiheen tutkiminen on tärkeää ja ajankohtaista.

Avainsanat: kiertotalous, muuntojousto, elinkaarisuunnittelu, kestävä rakentaminen, muutos, arkkitehdin vastuu

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TEOREETTINEN TAUSTA	3
	2.1. Arkkitehtuurin metabolismi	3
	2.2. Muutokseen mukautumisen teoriaa	4
	2.2.1. Esteettinen kestävyys	5
	2.2.2. Funktionaalinen kestävyys	6
	2.2.3. Rakentaminen kerrostaen	7
	2.3. Biomimetiikan mahdollisuudet	11
3	RAKENTAMINEN OSANA KIERTOTALOUTTA	12
	3.1. Rakennusten purkaminen Suomessa	12
	3.2. Kiertotalous	15
4	MUUTTUMAAN SUUNNITELTU	19
	4.1. Elinkaarisuunnittelu	20
	4.2. Muuntojousto	22
	4.2.1. Monikäyttöisyys	23
	4.2.2. Muunneltavuus	24
5	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	30

1

JOHDANTO

Mitä on hyvä arkkitehtuuri? Nerokkaita tilaohjelmia, valon ja varjon leikkiä, saumatonta sopimista kulttuuriympäristöön? Näiden arvojen rinnalle on viime aikoina noussut onneksi myös arkkitehtuurin kestävyys, joka on mahdollista jakaa rakenteelliseen kestävyys- ja kestävyys-suhteessa rakennuksen käyttöön. Tässä kandidaatintyössä syvennyttään tutkimaan rakennusten kestävyyttä käyttötarkoituksen muutoksessa kiertotalouden näkökulmasta.

1

Länsimainen rakentaminen tuntuu usein keskittyvän vain siihen hetkeen, kun rakennus on valmis. Suunnittelun ei tulisi tähdätä vain lopputarkastukseen, vaan ottaa mahdollisimman hyvin huomioon koko rakennuksen elinkaaren aikana kohdattavat koettelemukset. Työn taustalla vaikuttaa käsitys siitä, että rakennuksen elinkaaren lopussa tapahtuvat prosessit jätetään usein tärkeydestään huolimatta suunnittelussa liian vähälle huomiolle. Rakennukset eivät ehdi vanheta käyttökelvottomiksi asti rakenteellisesti, vaan ne useimmiten puretaan pois uuden rakentamisen tieltä. (Huuhka & Lahdensivu 2016)

Suunnittelijan suunnitteluvastuu ei voi olla jatkossa niin rajoittunut kuin se on nyt, sillä maapallon kantokyky ei salli nykyisenlaisen rakentamisen ja materiaalihukan jatkumista. Tämä työ selvittää arkkitehdin mahdollisuuksia vaikuttaa rakennuksen säilymiseen käytössä mahdollisimman pitkään, mikä on kannattavaa niin ekologisesti kuin taloudellisesti mitattuna. Kiertotalouden periaatteiden mukaan hyödykkeiden arvo säilyy parhaiten, kun niiden käyttötarkoitus pysyy mahdollisimman lähellä alkuperäistä käyttötarkoitustaan, eli kun hyödyke kiertää mahdollisimman korkea-arvoisessa kierrossa (Sitra 2014, s. 5). Rakennus olisi siis syytä kiertotalouden näkökulmasta pitää rakennuksena, vaikka sen toiminnallinen käyttötarkoitus muuttuisi. Tällaisiin muutoksiin voi varautua suunnitteluvaiheessa muuntojoustavuuden mahdollistavilla suunnitteluratkaisuilla.

Rakennusten sopeutumisesta muutokseen on kirjoitettu paljon. Yhdistettynä kiertotalouden näkökulmaan tutkimusta on kuitenkin tehty verrattain vähän johtuen siitä, että kiertotalous on käsitteenä yleistynyt laajempaan tietoisuuteen vasta viime vuosikymmeninä. Kiertotalous sekä luonnon prosessien kopioiminen funktionaalisesti kestäviä asuinrakennuksia suunniteltaessa tarjoavat aiheeseen tuoreen, ajankohtaisen näkökulman. Tämä kandidaatintyö on kirjallisuustutkielma, ja se vastaa tutkimuskysymykseen: Mitä keinoja arkkitehdillä on kiertotalouden toteuttamiseksi asuntosuunnittelussa?

Työn tavoitteena on herättää ajatuksia rakentamisen ja ihmisen suhteesta luonnon kiertokulkuun ja kiertotalouteen. Työssä kyseenalaistetaan totutut arkkitehdin vastuun rajat ja laajennetaan moraalinen vastuu kattamaan paremmin rakennuksen koko elinkaari sekä siitä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Nykyisessä arkkitehtikoulutuksessa käsitellään kandidaattivaiheessa kestävän kehityksen kysymyksiä yllättävän vähän, vaikka arkkitehdeillä on ammattikuntana suuri valta vaikuttaa niihin. Työ on sen tekemisen aikana rajautunut käsittelemään kestävyyttä käyttötarpeen muutokseen varautumisen näkökulmasta osana kiertotalouden periaatteiden mukaista suunnittelua suomalaisessa asuntotuotannossa. Suuri osa aiheen käsittelyä on kuitenkin yleismaailmallista eikä rajoitu vain Suomeen tai asuntorakentamiseen. Rakennuksen rakenteellisten ominaisuuksien fyysisen kestävyuden käsitteleminen ja materiaalikierron tutkiminen ovat tärkeitä aiheita kiertotalouden näkökulmasta, mutta ne ovat rajautuneet tämän työn ulkopuolelle laajuutensa vuoksi.

Seuraavassa luvussa esitellään työtä taustoittavaa teoriaa sekä linkitystä luonnon rakentaisiin ja kiertokulkuun. Kolmannessa luvussa selitetään tarkemmin tutkielman keskeinen käsite, kiertotalous, ja pohditaan sen sekä rakentamisen välistä suhdetta. Neljäs luku käsittelee konkreettisempia suunnitteluperiaatteita, joita noudattamalla asuinrakennuksilla olisi parhaat edellytykset pitkäikäisyyteen käyttötarpeen muutoksista huolimatta. Viidennen luvun muodostaa työn yhteenveto.

2

TEOREETTINEN TAUSTA

2.1. ARKKITEHTUURIN METABOLISMI

3

Ajatus ihmisestä ja rakentamisesta osana luonnon kiertokulkua ei ole uusi. Vuonna 1960 neljän japanilaisen arkkitehdin, Kisho Kurokawan, Kiyonori Kikutaken, Fumihiko Makin, Masato Otakan sekä graafisen suunnittelijan Kiyoshi Awazun perustama metabolismiliike pyrki tukemaan ja kehittämään yhteiskunnan roolia osana luonnollista aineiden kiertokulkua. Liikkeestä ja sen teorian inspiroimasta arkkitehtuurista kertoo perustajajäsenen, Kisho Kurokawan teos *Metabolism in architecture*. Teoksen alkusanoissa Charles Jencks avaa liikkeen ideologian taustaa kirjoittaen, että metabolismin kiertokulkuajattelu pohjaa suurelta osin buddhalaiseen ideologiaan. Buddhalaisuudessa elolliset olennot ovat tasa-arvoisia ja uudestisyntyviä ja näin ollen sidoksissa toisiinsa. Myös ihmisen luoma ympäristö on osa jatkuvaa kokonaisuutta, johon kuuluu kaikki elollinen kasveista eläimiin. (Kurokawa 1977, s. 9, 27)

Jencks kirjoittaa muutoksen filosofian liittyvän olennaisesti metabolismiliikkeen teoriaan. Se rinnastaa rakennukset ja kaupungit elollisiin organismeihin ja niiden energiavirtoihin. Kaikki on muutoksen alla ja samassa kiertokulussa. Uusiutuminen ja vastaavasti orgaanisen aineen hajoaminen on jatkuvaa. Metabolistien ideaalissa kaupunkien ja rakennusten osat ovat vaihdettavissa niiden vanhentuessa käyttökelvottomiksi ilman, että kokonaisuutta olisi purettava. (Kurokawa 1977, s. 9) Tämä lisää rakennusten käyttöikää ja rakennukset palvelevat käyttäjiään paremmin, kun ne mukautuvat helposti käytön muutoksiin.

Kurokawa vastakkainasettelee länsimaisen ja japanilaisen estetiikan aikasuhteita. Japanissa vallitsee Kurokawan mukaan kuoleman estetiikka siinä missä länsimaissa on vallalla ikuisuuden

estetiikka. Perinteisessä japanilaisessa arkkitehtuurissa hyväksytään materiaalien väliaikaisuus ja keskitytään sen sijaan säilyttämään itse muoto muuttumattomana ja ikuisena, vaihtaen rakennusosia tarpeen vaatiessa. Länsimaissa pyritään säilyttämään originaali materia, kuin se voisi säilyä rakennuksessa ikuisesti. (Kurokawa 1977, s. 10)

Rakennusten ikuisuuden illuusio näkyy edelleen länsimaaisessa rakennussuunnittelussa. On kuin arkkitehdit suunnittelisivat jokaisesta projektista pysyvää muistomerkkiä ja vierailukohdetta tulevaisuuden turisteille. Harva rakennus on helposti mukautettavissa muutokseen, koska niitä ei yleensä suunnitella muutettaviksi. Vielä harvemmin suunnitellaan se mitä tapahtuu, kun rakennus lopulta puretaan. Suunnittelijoiden on vaikea suunnitellaan hahmottaa sitä tosiasiaa, että rakennukset harvoin ovat samassa muodossa kuin mihin ne alun perin suunniteltiin edes 50 vuoden kuluttua rakentamisestaan. (Flager 2003, s. 8) Käyttötarpeet ja asuminen tavat muuttuvat nopeasti suhteessa siihen, kuinka pitkäikäisiksi rakennuksia on fyysisiltä ominaisuuksiltaan mahdollista rakentaa. Arkkitehtien tulisi hyväksyä väliaikaisuus sekä jatkuva muutos ja suunnitella niiden mukaisesti.

2.2. MUUTOKSEEN MUKAUTUMISEN TEORIAA

Rakennusten ennenaikaista vanhentumista ja suunnittelun keinoja sen estämiseksi on pohdittu jo ennen kuin aihe varsinaisesti yhdistettiin kiertotalouteen. Rakennuksen elinkaarenaikaiset jatkuvat muutokset ja niihin valmistautuminen suunnitteluvaiheessa ovat Stewart Brandin teoksen *How Buildings Learn: What Happens After They're Built* (1994) keskiössä. Teosta voidaan pitää keskeisenä tämän aihealueen käsittelyssä. Toinen merkittävä muutoksen suunnittelua tutkinut teoreetikko, johon Brandkin viittaa ja pohjaa omaa teoriaansa, on Frank Duffy. Duffyn (1990) teoriasta erityisesti kerrostaen rakentamista käsitellään laajasti alan kirjallisuudessa ja siihen viitataan edelleen (Brand 1994, Flager 2003, Cheshire 2016). Kerrostaen rakentamisesta kerrotaan laajemmin alaluvussa 2.2.3.

Muutokseen mukautumista tutkivissa teorioissa keskeistä on selvittää, mitkä syyt johtavat rakennusten purkamiseen ja millä tavoin se voitaisiin välttää tai lykätä myöhemmäksi. Vanhemmassa kirjallisuudessa korostetaan lähinnä rakennusten taloudellisen arvon säilyttämisen mielekyyttä. Toisaalta taloudellinen ja ympäristöarvo

kulkevat pitkälti yhdessä. Kuten Flager (2003, s. 8) kirjoittaa, rakennukset, joita ei ole suunniteltu muuttumaan tai joiden purkamiselle ei ole uhrattu ajatusta suunnitteluvaiheessa, tulevat kalliiksi sekä taloudellisesti että ympäristölle.

Flager (2003, s. 12) esittää rakennuksen purkamiseen johtavan arvonalennuksen jakautuvan kahteen pääsyhyyn: rakennuksen fyysiseen vanhentumiseen rakennetasolla ja rakennuksen vanhentumiseen suhteessa sen käyttöön. Jälkimmäisen voi jakaa kahteen kategoriaan: esteettiseen ja funktionaaliseen vanhentumiseen. Esteettinen vanhentuminen johtuu muodin muuttumisesta, mikä muuttaa ihmisten tapaa nähdä tila ja sen tyylliratkaisut. Funktionaalinen vanhentuminen puolestaan johtuu tekniikan kehittymisestä, mikä muuttaa käyttäjän tarpeita suhteessa tilajakoon ja tilankäytön mahdollisuuksiin.

2.2.1. ESTEETTINEN KESTÄVYYS

Esteettiseen vanhentuneisuuteen johtavia tekijöitä on vaikea ennustaa, mistä johtuen myös esteettisesti kestävä suunnittelu on haastavaa. Rakennuksen visuaalisen olemuksen vanhanaikaisuus vähentää kuitenkin rakennuksen arvoa, mikä puolestaan voi lyhentää rakennuksen ikää (Flager 2003, s. 12). Brand listaa muutamia suunnittelun periaatteita, joita noudattamalla rakennuksella todennäköisesti olisi edessään pidempi taival. Muotivillityksiin arkkitehtuurissa kannattaa Brandin mukaan suhtautua varauksella. Nykyaikaisuutta korostava ulkoasu on nopeammin vanhanaikainen kuin vastaava ajatonta tyyliä edustava. Rakentamishetkellään ultramodernin rakennuksen arvo alkaa heti valmistumisensa jälkeen vähentyä. Rakennus voi helposti näyttää hyvän maun vastaiselta jo muutaman vuoden kulumista rakentamisestaan, jos sen suunnittelu edustaa jotakin aivan uutta ja aiemmin testaamatonta. Tämä ei Brandista kuitenkaan tarkoita, että rakentamisen tulisi olla tylsää. Rakennus olisi ideaalitilanteessa kiinnostava katsomisajankohdasta ja siihen vaikuttavasta muodista riippumatta. (Brand 1994, s.191–192)

Uuden teknologian ehdoilla suunnittelu on kiusaus, jota kannattaa Brandin mielestä lähes aina välttää. Pröystäillen uutta teknologiaa esittelevä rakennus vanhentuu tekniikkansa mukana, ellei toimintaperiaatteen päivittämistarvetta huomioida. Teknologia on yksi rakennuksen nopeiten vanhentuista osista, ja siitä kerrotaan lisää luvussa 2.2.3. Brand kehottaa lisäksi suosimaan pohjaratkaisuissa suorakulmaisia muotoja, sillä niihin perustuva muotojärjestelmä kasvaa ja jakautuu hyvin ja muodostuva tila on tehokkaasti käytettävissä. (Brand 1994, s. 192)

2.2.2. FUNKTIONAALINEN KESTÄVYYS

Kaikki rakennukset muuttuvat, oli niitä valmisteltu siihen tai ei. Mikä saa rakennuksen paranemaan ajan muutoksessa ja mikä huonontumaan? Ideaalitilanteessa kukin tilaa käyttävä toimija tai asukas lisäisi toimillaan tilan arvoa. Näin ei kuitenkaan aina tapahdu. (Brand 1994, s. 23) Rakennusten elinkaaren aikana niiden käyttäjät ehtivät vaihtua moneen kertaan. Asunnoissa asutaan keskimäärin kahdeksan vuotta ennen seuraavaan siirtymistä (Flager 2003, s. 15, Huhdanmäki et al. 2015, s. 9). Helsingissä keskimääräiset asumisajat ovat kantakaupungissa lyhyempiä kuin lähiöissä tai esikaupunkialueella. Omakotitaloissa asutaan tyypillisesti pitkään, keskimäärin 12 vuotta. Myös asunnon koko vaikuttaa asumisajan pituuteen: suurimmissa asunnoissa asutaan pidempään kuin pienemmissä. (Huhdanmäki et al. 2015, s. 9)

Jotkut rakennukset, esimerkiksi 1800-luvun lopun tiiliset teollisuusrakennukset, ovat muuntautumiskykyisiä ja arvokkaita ilman, että vuosien varrella niitä käyttäneiden toimijoiden tekemät muutokset tai tyhjillään ilkeivallan kohteena oleminen laskisi niiden arvoa. Ikä ja muutosten tekemisen mahdollistaminen ovat hyvä yhdistelmä rakennuksen arvolle. Onnistunut rakennus toimii, sopii käyttäjilleen ja siitä on nähtävillä rakennuksen historia. Rakennus mukautuu kun sen ja käyttäjien välillä on yhteys. Optimaalisessa muutosprosessissa säilytetään asiat, jotka miellyttävät, toimivat tai eivät ainakaan häiritse ja muutetaan sekä kehitetään jäljelle jääviä asioita. (Brand 1994, s. 23, 209) Tämän prosessin ja arvon kasvattamisen mahdollistamiseksi muutos on otettava huomioon jo suunniteltaessa rakennusta ja siitä on tehtävä mahdollisimman helppoa.

Brand esittelee vaihtoehdon perinteiselle rakentamiselle, jossa kallis talo rakennetaan valmiiksi kertasysäyksellä ja asukas jää maksamaan suurta asuntolainaa vuosiksi eteenpäin. Brandin mukaan olisi mahdollista rakentaa ”jatkuva talo” (continual house), joka rakennettaisiin sillä budjetilla, joka tulevalle asukkaalla on rakentamishetkellä käyttöä. Talo vastaisi alussa vain minimivaatimuksiin, mutta olisi heti asuttava. Vuosien saatossa raha, joka kerralla rakentaen olisi mennyt lainan lyhentämiseen, voitaisiin käyttää talon jatkamiseen. Näin asukas olisi riippumaton pankista ja saisi lopulta samalla rahalla suuremman talon, sillä rahaa ei kuluisi lainan korkoihin. Koti vastaisi lisäksi paremmin hänen tarpeitaan, jotka ajan kuluessa

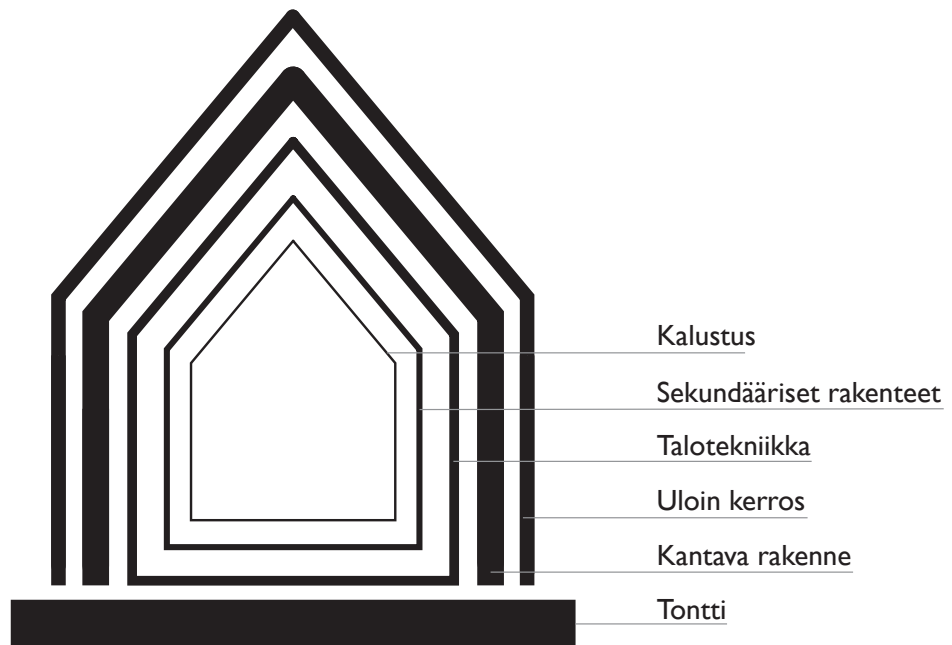
hahmottuisivat. (Brand 1994, s. 191) Tällaista rakentamisperiaatetta käsittelee myös Jyrki Tarpio väitöskirjassaan *Joustavan asunnon tilalliset logiikat* (2015, s. 329). Tarpio kutsuu jatkuvan talon kaltaista periaatetta ytimeistä kasvamisen logiikaksi. Siitä kerrotaan alaluvussa 4.2.2.

Brandin esittämään malliin liittyy toki käytännön haasteita, kuten toistuvien rakennusurakoiden keskellä eläminen ja rakennuslupien hakeminen. Mallin mukainen rakennus olisi mahdollista hyväksyä käyttöön osittaisessa loppukatselmuksessa, vaikka se käytännössä olisi osittain keskeneräinen (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 § 153 a). Jatkuvan talon malli on kiinnostava, sillä se mahdollistaisi rakennuksen todellisen adaptaation asukkaiden tarpeiden muutokseen vuosien saatossa. Kiertotalouden näkökulmasta jatkuva talo olisi aikaa kestävä ja muutokseen sopeutuva, mutta myös noudattaisi liiketoimintamallina kiertotalouden periaatteita. Sitran (2014, s. 1) mukaan palvelun tarjoaminen valmiin tuotteen sijaan tuottaa lisäarvoa jatkuvasti kehittyvälle hyödykkeelle eli tässä tapauksessa rakennukselle.

2.2.3. RAKENTAMINEN KERROSTAEN

Frank Duffyn teorian perusteella ei ole olemassa rakennusta. On vain elinajannotteiltaan eri pituisia, toisistaan eroteltavissa olevia rakennekerroksia. Duffy jakaa rakennuksen neljään erilliseen kerrokseen, jotka ovat kantava rakenne (shell), talotekniikka (services), sekundääriset rakenteet (scenery) ja kalusteet (set). Duffy ajattelee ajan olevan suunnitteluongelman keskiössä ja sen suhteen käytön muutoksiin itse rakennustakin mielenkiintoisempana tutkimuskohteena. (Duffy 1990, s. 17–18)

Brand (1994, s. 12–13) laajensi Duffyn teoriaa omaksi kerrostaen rakentamisen teoriakseen (shearing layers), joka käsittää kuusi toisistaan erotettavissa olevaa ja eri tavoiteikään tähtäävää rakennekerrosta: tontti, kantava rakenne, uloin kerros, talotekniikka, sekundääriset rakenteet ja kalustus. Brandin jaottelu ei suoraan huomioi massiivisia rakenteita, sillä julkisivun käsittävä uloin kerros ja kantava rakenne on eriytetty toisistaan. Teoria on kuitenkin sovellettavissa erilaisille rakennetyypeille ja siinä oleellista on, että rakennuksen eri osat saavuttavat elinkaarinsa päätepisteet eri vaiheissa. On tärkeää, että tavoiteiltään erilaiset osat ovat toisistaan erillisiä, jotta korjaaminen ja vaihtaminen olisi mahdollisimman helppoa ja taloudellisesti kannattavaa. Kerrostaen rakentamisen rakennekerrokset on havainnollistettu kuviossa 1.



Kuvio 1: Rakentaminen kerrostaen (Brand 1994, s.13) Mitä paksummalla viivalla rakenneosaa on piirretty, sitä pitkäikäisemmästä ja pysyvämmästä osasta on kysymys.

Tontti (Site)

Tontin määritelmä rakennekerroksena käsittää maantieteellisen sijainnin, suhteen ympäröivään rakennettuun ympäristöön sekä rajauksen. Tontin raja on pitkäikäisempi tekijä kuin rakennus, joka muuttuu ja vaihtuu. Tontin voidaan sanoa olevan ikuinen. (Brand 1994, s.13)

Kantava rakenne (Structure)

Kantavalla rakenteella on varsinaisen rakennuksen pisin mahdollinen käyttöikä, ainakin kyseisen rakennuksen osana (Cheshire 2016, s.37–40). Kantavaa rakennetta on vaarallista ja kallista vaihtaa, joten se ei ole tapana. Kantavan rakenteen käyttöiän odote vaihtelee välillä 30–300 vuotta. (Brand 1994, s.13)

Kantava rakenne luo rajat mahdollisille muutostöille. Jotta käyttötapaa voisi mahdollisimman monipuolisesti ja helposti muuttaa, on muutostöiden mahdollisuus otettava huomioon kantavan rakenteen suunnittelussa. (Cheshire 2016, s.37–40)

Uloin kerros (Skin)

Uloimman kerroksen muodostaa tässä mallissa julkisivu, katto ja muut rakennusosat, jotka ovat rakennuksen ja ulkoilman välissä (Flager 2003, s. 18).

Köliö et al. (2016, s. 8) mukaan julkisivun käyttöiänodote vaihtelee tavallisesti materiaalista riippuen 20–100 vuoden välillä. Lyhtyikäisimmät julkisivut tutkimuksessa olivat eristerapattuja, ja niiden käyttöiäksi määriteltiin 20–35 vuotta. Käyttöiänodote oli sitä lyhyempi mitä ohuempi rappauskerros oli, mitä vähemmän julkisivua huollettiin ja mitä lähempänä rannikkoa rakennus sijaitsi. Pisimmät käyttöiät olivat tiilijulkisivulla (65–100 vuotta) ja betonijulkisivulla (70–100 vuotta).

Suosittelut huoltovälit vaihtelivat materiaalista riippuen 5–25 vuoden välillä. Julkisivun huoltoon sisältyy pinnoitetuissa julkisivuissa ainakin huoltomaalaus ja tiili- betoni- ja luonnonkivijulkisivuissa saumauksien uusiminen. (Rakennustieto Oy 2008, s. 6–7)

Talotekniikka (Services)

Talotekniikka käsittää sähkö- ja tietoliikennekaapelit, putkiston, sprinklerit, lämmityksen, ilmanvaihdon ja liikkuvat osat kuten hissit ja liukuportaat (Brand 1994, s.13).

Käyttöiänodotteet vaihtelevat valtavasti osasta riippuen, sillä talotekniikka on ryhmänä monimuotoinen. Vesiputkiston ja viemäröinnin käyttöiänodote on enimmäkseen 50 vuotta. Putkisto pois luettuna suurimman osan talotekniikasta käyttöiänodote vaihtelee välillä 10–30 vuotta. Lisäksi taloteknisiä järjestelmiä tulee huoltaa käytön aikana ja tarkastusväli on monen osan kohdalla vain 12 kuukautta. (Rakennustieto Oy 2008, s. 13–32)

Yleisessä rakentamistavassa, jossa julkisivu ja kantava rakenne ovat kiinni toisissaan, on tekniikka usein haudattu rakenteiden sisään. Silloin korjaaminen tai osien vaihtaminen modernimpiin voi olla haastavaa. (Cheshire 2016, s. 37–40) Rakennuksia puretaan ennen aikaisesta, jos rakenteiden sisällä olevaa vanhentunutta tekniikkaa ei voi vaihtaa (Brand 1994, s. 13). Suunnitteluvaiheessa tulisi kartoittaa tekniikan eliniänodotteet ja ne talotekniikan osat, jotka vaativat huoltoa ja pitää huoli siitä, että näitä osia saa huollettua helposti hajottamatta muita rakenteita. Joissakin kaupallisissa rakennuksissa tekniikka on piilotettu alaslaskettujen kattojen tai irrotettavien lattiapaneelien taakse, jolloin tekniikkaan pääsee helposti käsiksi (Cheshire 2016, s.37–40).

Sekundääriset rakenteet, tilajako (Space plan)

Sekundäärisiin rakenteisiin kuuluvat esimerkiksi väliseinät, lattiapäällysteet, alaslasketut katot, ovet ja kiinteät kalusteet. Nämä rakennusosat ovat usein varsin lyhytikäisiä. Sekundäärisiä rakenteita on hankala kierrättää niin, että niiden arvo ja käyttökelpoisuus rakennusosina säilyisi. Sen vuoksi jätettä syntyy tästä rakennekerroksesta remonttien yhteydessä yleensä paljon. Olisi tärkeää suunnitella sekundäärisistä rakenteista siirrettäviä ja uudelleenkäytettäviä. Rakenteet voisi lisäksi tehdä biologisesti hajoavista materiaaleista, mikä mahdollistaisi niiden kompostoinnin elinkaaren lopussa. (Cheshire 2016, s.37–40)

Sekundääristen rakenteiden käyttöiänodote on noin 3–30 vuotta. Nopeasti muuttuvissa kaupallisissa tiloissa tilajako muuttuu noin kolmen vuoden välein, mutta asunnoissa muutos on hitaampaa. (Brand 1994, s.13)

Kalustus (Stuff)

Tähän ryhmään lasketaan huonekalut ja muut tavarat, jotka eivät ole osa kiintokalustusta ja jotka voivat vaihtua helposti ja nopeasti varsinaisesta arkkitehtuurista riippumatta (Flager 2003, s. 18).

Kerroksittain rakentamisesta on hyötyä rakennuksen elinkaaren jokaisessa vaiheessa. Rakennusvaiheessa kerroksellisuus auttaa työvaiheiden järjestämisessä. Korjaustoimenpiteet ja käyttötarkoituksen muutokset on helppo kohdistaa vain siihen rakenneosaan, joka halutaan muuttaa tai korjata ilman, että muut kerrokset vaurioituvat. On kiinnitettävä erityistä huomiota rakennekerrosten oikeaan järjestykseen ja saavutettavuuteen. Esimerkiksi talotekniikka saattaa tarvita korjausta ennen sekundäärisiä rakenteita, joiden taakse tekniikka on mahdollisesti piilotettu. Huoltotoimenpiteitä on voitava tehdä ilman, että sekundääriset rakenteet vaurioituvat pahasti. (Cheshire 2016, s.37)

Kerroksittain rakennetut rakennukset ovat usein joustavia käyttötarkoituksen muutoksille, sillä primaarirakenne on itsenäinen ja sekundäärisen rakenteen voi tarvittaessa muuttaa kokonaan (Cheshire 2016, s.37). Tarpion (2015, s. 241, 285) määrittelemistä joustavuuslogiikoista muuntoalue- ja moduulistruktuurilogiikka perustuvat samoille periaatteille kuin kerrostaen rakentaminen. Muunneltavuuden logiikoista kerrotaan alaluvussa 4.2.2. Muunneltavuus mahdollistaa rakennukselle uuden elämän vanhan käyttötarpeen päätyttyä. Rakennuksen elinkaaren lopussa kerroksellisuus helpottaa rakenteiden kierrätettävyyttä, sillä osat voidaan erotella (Cheshire 2016, s.37).

2.3. BIOMIMETIIKAN MAHDOLLISUUDET

Länsimaisessa luontokäsityksessä ihminen on luonnosta erillinen. Ainoa mahdollinen ratkaisu etenevän ilmastonmuutoksen muodostamaan ongelmaan vaikuttaisi kuitenkin olevan luonnon prosessien kunnioittaminen. Ihmiskunnan tulisi hyväksyä paikkansa osana suurempaa kiertokulkua, ei vain ottaa mallia luonnosta ”omaan kiertokulkuun”. Pawlynin (2011, s. 35) mukaan tapamme käyttää resursseja on lineaarinen, saastuttava ja jätettä tuottava. Luonnossa resurssit pysyvät jatkuvassa suljetussa kierrossa, mikä ihmisten on otettava jälleen huomioon ja teollisuutensa uudeksi lähtökohdaksi.

Biomimetikka on biologisten muotojen, prosessien, rakenteiden ja systeemien matkimista kestävän suunnittelun tuottamiseksi (Pawlyn 2011, s. 2). Vincent kirjoittaa luonnon muotojen imitoinnin arkkitehtuurissa olevan useimmiten muotoon rajoittunutta. Yhä enenevässä määrin биологиasta otetaan kuitenkin myös toiminnallista ja rakenteellista mallia. Luonnossa materiaali on kallista ja muoto halpaa. Teollisuudessa asian laita on usein päinvastainen. (Vincent 2014, s. 1, 9) Tämän lainalaisuuden vuoksi luonnossa ongelmat on ratkaistu muotoilulla ja rakenteet ovat vahvoja, mutta rakennettu mahdollisimman vähällä materiaalilla (Pawlyn 2011, s. 1). Hyvällä suunnittelulla voi kuitenkin myös ihmisten toteuttamissa rakenteissa saada pienennettyä materiaalintarvetta ja samalla rakentaa kestävämmiin (Vincent 2014, s. 9). Luonto on ideapankki, jonka muotoilu ja prosessit ovat 3,8 miljardin vuoden kehitys- ja tutkimustyön tulosta (Pawlyn 2011, s. 1). On turhaa käyttäytyä ylimielisesti näin vanhaa systeemiä kohtaan, jonka osa ihminenkin on.

Luonnosta tulisi kopioida pääperiaatteet, ei vain yksittäisiä ideoita. Biologisia prosesseja matkimalla voidaan saada aikaan sekä tehokkaampaa että ympäristöystävällisempää, mutta myös edullisempaa arkkitehtuuria. Taloudellisuudessa suunnittelun kannalta merkittäviä tekijöitä ovat monikäyttöisyys, evolutiivinen suunnittelu sekä kestävyys ajallisesti ja ympäristönäkökulmasta. Evolutiivisella suunnittelulla tarkoitetaan tässä luonnossa esiintyvää yrityksen ja erehdyksen taktiikkaa. Biologiset materiaalit ovat luonnon kehitysprosessissa hioutuneet todella kevyiksi ja kestäviksi, ne rakentuvat läheltä löytyvistä materiaaleista ja ovat halpoja sekä lopulta palautettavissa biosfääriin. Luonnonvalinta pitää huolen siitä, että vain parhaiten sopeutuneet ratkaisut selviytyvät. (Vincent 2014, s. 10–11)

3

RAKENTAMINEN OSANA KIEROTALOUTTA

12

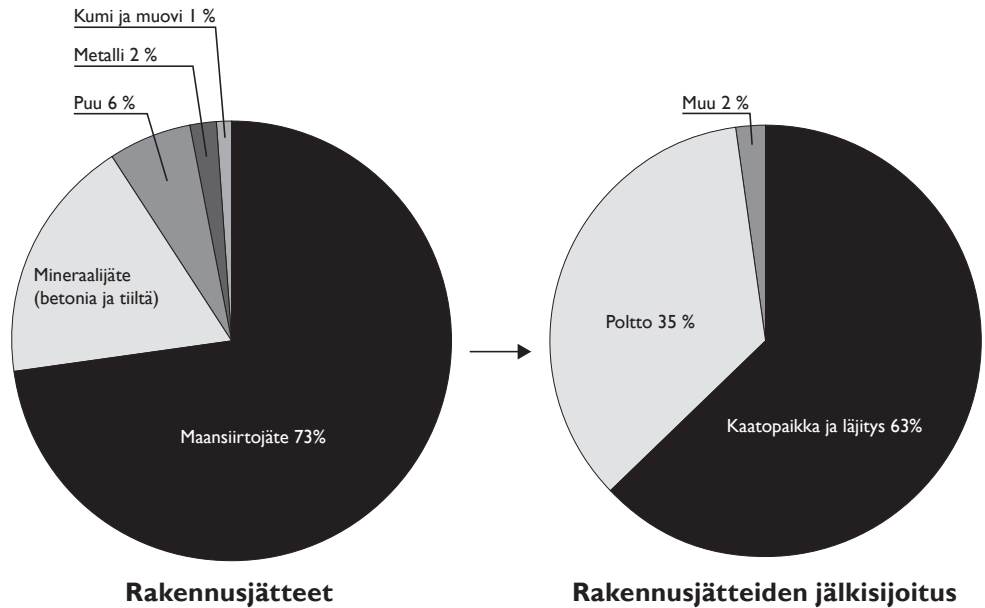
3.1. RAKENNUSTEN PURKAMINEN SUOMESSA

Jotta voisi suunnitella kestäviä rakennuksia, on tutkittava rakennusten purkamista. Suomessa purettiin vuosina 2000–2012 Huuhkan ja Lahdensivun (2016) mukaan 50 818 rakennusta, yhteensä yli yhdeksän miljoonaa neliömetriä kerrosalaa. Samanaikaisesti rakennettiin yli 227 000 uutta rakennusta. Purettujen rakennusten kerrosala oli 16 % uusista rakennuksista. Noin puolet puretuista rakennuksista oli asuinrakennuksia, mutta kerrosalassa mitattuna asuinrakennuksia oli alle kolmasosa muihin kuin asuinrakennuksiin verrattuna. Tämä selittyy sillä, että suurin osa kaikista puretuista rakennuksista oli omakotitaloja.

Suurin osa Suomessa 2000–2012 puretuista rakennuksista oli rakennettu vuosina 1950–1980. Pinta-alassa mitattuna erottuivat 1960–70 -lukujen rakennukset, joita purettiin selkeästi eniten. (Huuhka & Lahdensivu 2016) Vaikka kehnoa rakentamistekniikkaa yleisesti pidetään syynä 60- ja 70-luvuilla rakennettujen kotimaisten asuinrakennusten purkamiseen, on monen purkupäätöksen takana ollut oikeastaan rakennusten heikko mukautuminen muuttuneisiin tarpeisiin (Krokfors 2017, s. 32). Purettujen asuinrakennusten keskimääräinen ikä purkamisen hetkellä oli 58 vuotta, selvästi enemmän kuin muiden kuin asuinrakennuksen purkamisikä, joka oli keskimäärin 43 vuotta (Huuhka & Lahdensivu 2016).

Selkeä enemmistö syistä purkamisen taustalla oli rakennusten korvaaminen uusilla. Rakennusten hylätyiksi jääminen tai tuhoutuminen olivat purkamiseen johtavina syinä miltei mitätön vähemmistö, yhteensä 6 % kaikesta puretusta kerrosalasta. Purkaminen on yhteydessä kasvuun, ja rakennuksia puretaankin Suomessa eniten kaupunkien ytimissä. Suomalaisten kaupunkien kasvattaminen rakennuksia korvaamalla on ristiriidassa ilmastonmuutoksen hillintätavoitteiden kanssa. (Huuhka & Lahdensivu 2016)

Rakennusten purkamisesta aiheutuu luonnollisesti jätettä. Suomi tuottaa vuodessa arviolta 90 miljoonaa tonnia jätettä, josta 54 % ei uudelleenkäytetä tai kierrätetä mitenkään. Rakennusalan osuus tästä on yli 16 miljoonaa tonnia, mikä on 18 % Suomen kaikista jätteistä. Rakennusala onkin toiseksi suurin jätteen tuottaja heti kaivosteollisuuden jälkeen. Suomessa syntyvän rakennusjätteen muodostuminen ja jälkisi joitus on havainnollistettu kuviossa 2. Maansiirtojäte muodostaa selkeän enemmistön jätteestä ja seuraavaksi eniten syntyy mineraalijätettä. Kaatopaikalle vieminen ja polttaminen ovat rakennusjätteen yleisimmät jälkisi joitustavat. Rakentaminen on suurin yksittäinen raaka-aineita käyttävä ala, mikä on ymmärrettävää, sillä rakennuksiin on sitoutunut massiivinen osa yhteiskunnan käyttämistä materiaaleista. (Sitra 2014, s. 3, 57)



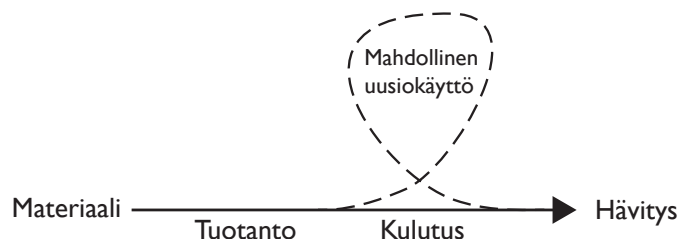
Kuvio 2: Suomen rakennusjätteet syntyvät rakennusprosesseista sekä purkamisesta (Sitra 2014, s. 57).

Rakennusteollisuus nykyiselläänkin minimoi syntyvän jätteen määrää, sillä sen käsittely on kallista, noin 100–300 euroa tonnilta. Purkamisen ja eroteltavissa olevien materiaalien ja rakennusosien suunnittelussa tulisi tulevaisuuden rakentamisessa konsultoida enemmän purkamiseen erikoistuneita asiantuntijoita ja yrityksiä. Tavoitteena olisi, että rakennusten purkamisesta tulisi suunnittelun ansiosta teknisesti helpompaa ja taloudellisesti kannattavampaa liiketoimintaa. (Sitra 2014, s. 57, 59)

Rakennusten suojeleminen ja säilyttäminen keskittyy lähinnä arkkitehtuuriin, historiallisiin sekä kulttuurisiin arvoihin, ei niinkään ympäristövaikutusten ympärille. Purkaminen rakennuksen elinkaaren jatkamisen sijaan on kuitenkin suoraan yhteydessä ilmaston lämpenemiseen. Uuden rakentaminen sekä uusien rakennusmateriaalien tuottaminen aiheuttavat merkittävän määrän kasvihuonekaasupäästöjä, jotka voitaisiin olemassaolevaa rakennuskantaa paremmin hyödyntämällä välttää. (Huuhka & Lahdensivu 2016)

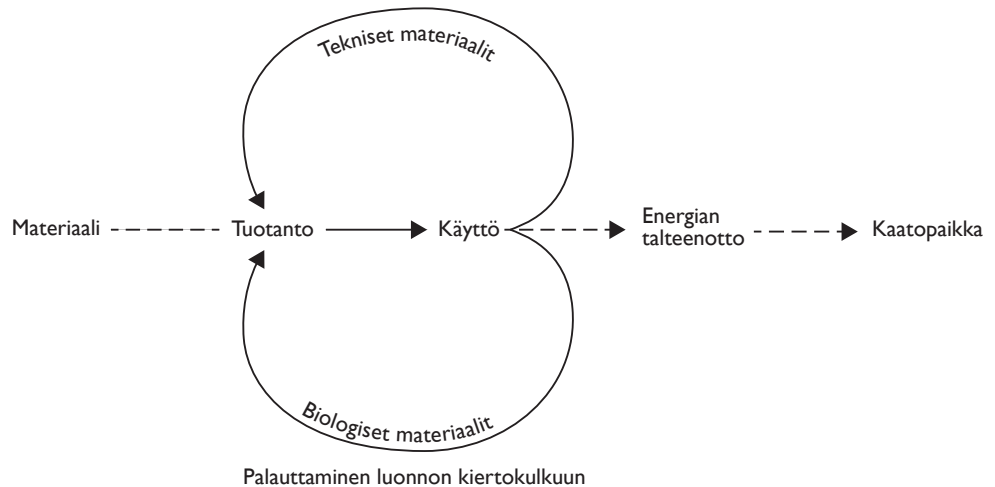
3.2. KIERTOTALOUS

Ihmiskunnan on selviytyäkseen tehtävä kolme suurta ympäristön kantokyvyn sanelemaa muutosta: saavuttaa radikaali resurssitehokkuuden parantuminen, siirtyä fossiilisista polttoaineista hiilineutraaleihin uusiutuviin energialähteisiin ja siirtyä lineaarisesta taloudesta suljettuun kiertotalouteen, jossa materiaalin arvo säilyy eikä jätettä synny (Pawlyn 2011, s. 1). Kaikki kolme muutosta ovat yhteydessä toisiinsa, eivätkä toimet yhden tavoitteen saavuttamiseksi saa olla toisten tavoitteiden kanssa ristiriidassa. Kiertotalousmallissa luonnonvarojen käyttö on kestävä ja jätevirrat minimoidaan, kun hyödykkeet pysyvät kierrossa eivätkä vain kulu (Sitra 2014, s. 4). Sen edistäminen on yksi keskeisiä EU:n tavoitteita (Työ- ja elinkeinoministeriö 2018, s. 11).



Kuvio 3: Lineaarinen talous (Sitra 2014, s. 4)

Lineaarisessa talousjärjestelmässä tuotteen kierto on suoraviivainen (ks. kuvio 3). Tuote on lähinnä suunniteltu vain yhtä käyttöä varten, mahdollinen kierrätys on tuotannosta ja suunnittelusta erillistä ja sattumanvaraista. Tällä hetkellä käytössä olevat talouden järjestelmät ovat suurimmaksi osaksi lähtökohtaisesti lineaarisia. (Sitra 2014, s. 4) Kun ekotehokkuutta aletaan parantaa, se tapahtuu tässä järjestelmässä prosessin hidastamisen, volyymin pienentämisen ja myrkyllisyyden vähentämisen kautta. Näillä toimilla ei kuitenkaan saa muutettua itse järjestelmää ja sen lineaarista toimintaperiaatetta. Osa tuotteista kierrätetään, mutta koska niitä ei tässä järjestelmässä ole suunniteltu kierrätettäväksi, niiden arvo laskee. Hyödykkeet eivät lineaarisessa järjestelmässä palaa kierrossa enää samanarvoisiksi kuin mistä ne lähtivät. Tämän vuoksi prosessia ei tulisi kutsua kierrättämiseksi ”recycle”, joka viittaa samanarvoisessa kierrossa etenemiseen. Tulisi keksiä suomenkielinen termi, joka pitäisi sisällään tuotteen materiaalin uusiokäyttöä rajoittavan laadunalennuksen, joka ylläpitää lineaarisen talouden järjestelmää. Englanniksi tälle on termi: ”downcycle”. (Ellen MacArthur Foundation 2013, s. 23)



Kuvio 4: Kiertotalous (Ellen MacArthur Foundation 2013, s. 24)

Kiertotalousjärjestelmässä jätteen syntyminen estetään suunnittelulla ja materiaali pysyy suljetussa kierrossa (ks. kuvio 4). Jätteessä menetetään sekä hyödykkeen käyttöarvo että raaka-aine, josta se on valmistettu. Materiaalihukan minimointi ulottuu hyödykkeen elinkaaren kaikkiin vaiheisiin lähtien suunnittelusta ja tuotannon materiaalitehokkuuden parantamisesta. Hyödykkeen arvo säilyy sitä paremmin mitä korkeampi arvoisessa kierrossa se kiertää (*recycle*, ei *downcycle*). Hyödyke kierrätetään materiaalina vasta kun muuta arvoa ei ole enää talteenotettavissa. (Sitra 2014, s. 4)

Materiaalien eroteltavuus on ensiarvoisen tärkeää. Kiertotalouden periaattein toteutetussa suunnittelussa on selkeämmin jaoteltu tuotteen kestävät ja tuotteen kulutettavat tai vaihdettavat osat. Jälkimmäisten tulisi olla lähinnä biologisista materiaaleista valmistettuja ja myrkyttömiä, jotta ne kulutuksen tai käytön jälkeen voisivat palautua takaisin biosfääriin, luonnon ravinteiden kiertokulkuun. Tekniset materiaalit kierrätetään mahdollisimman korkealla arvoisessa kierrossa. Hyödykkeet pyritään ensisijaisesti ylläpitämään, huoltamaan ja uudelleenkäyttämään. Mikäli se ei riitä, hyödykkeet uudelleenvalmistetaan. Kun hyödykkeessä on enää materiaalin arvo jäljellä, se kierrätetään mahdollisuuksien mukaan joko komponentteina tai lopulta raaka-aineena. (Ellen MacArthur Foundation 2013, s. 7, 24) Materiaalia voidaan myös hyödyntää osana toisen arvoketjun tuotantoa (Sitra 2014, s. 5).

Kiertotalouden pyörittämiseen käytetään uusiutuvia energiamuotoja (Ellen MacArthur Foundation 2013, s. 7). Vuonna 2016 Suomessa käytetystä materiaalista vain 5,3 % (CMU: Circular material use rate) palasi ensisijaisen käyttönsä jälkeen talouden kierrossa vähentämään neitseellisen materiaalin tarvetta kiertotalouden mukaisesti. Vastaava prosenttiosuus koko Euroopan Unionin alueella oli 11,7 %. (Eurostat 2018) Kiertotalouden mallia sovelletaan jo, mutta sen käyttöönoton on laajennuttava nopeasti, jotta ilmastonmuutoksen hillintätavoitteet toteutuisivat.

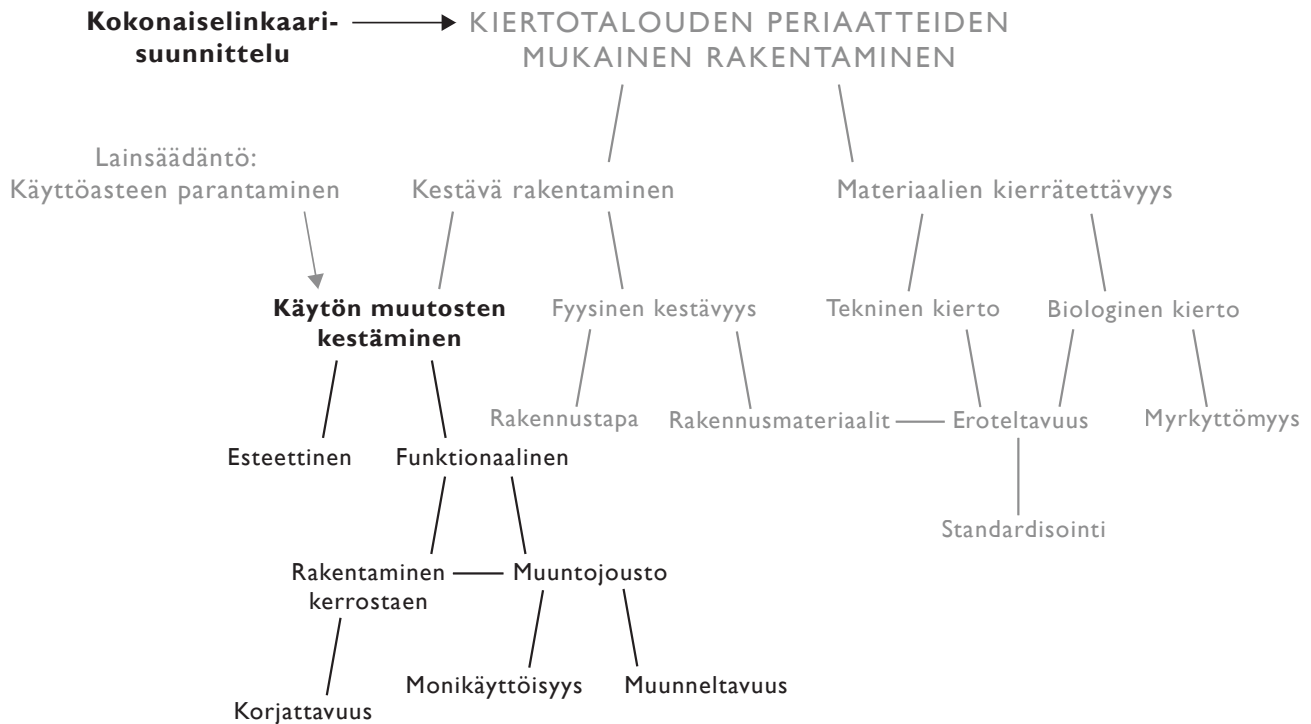
Raaka-aineiden hinnat tulevat globaalin väestönkasvun seurauksena nousemaan ja niiden saatavuus heikkenemään (Sitra 2014, s. 3). Kehittyvien maiden vaurastuminen lisää jatkuvasti kulutusta, mikä voi nostaa luonnonvarojen riittävyden yhtä merkittäväksi huoleksi kuin mitä ilmastonmuutos jo on (Elinkeinoelämän keskusliitto EK 2008, s. 6). Mitä nopeammin kiertotalouden periaatteet otetaan käyttöön, sitä parempi on kansantalouden kilpailukyky ja sitä enemmän arvoa saadaan sitoutettua tuotettuihin hyödykkeisiin. Kiertotaloudella on valtava arvopotentiaali Suomen kansantaloudelle, joka on Sitran varovaisten arvioiden mukaan vuoteen 2030 mennessä 1,5–2,5 miljardia euroa. (Sitra 2014, s. 3) Kiertotaloudesta saatavan hyödyn on järjestelmän pyörimiseksi näyttävä sekä rahallisesti että ympäristöhaittojen vähenemisessä ja luonnonvarojen säästymisessä mitattuna (Työ- ja elinkeinoministeriö 2018, s. 19).

Suomessa on keskusteltu kiertotaloudesta jo tovi, mutta se on keskittynyt lähinnä jätteen kierrätykseen sekä teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseen. Hyödykkeiden huollolla, uudelleenkäytöllä ja uudelleenvalmistuksella on materiaalivirtoja ja jätettä suurempi arvopotentiaali, koska materiaali muodostaa vain osan hyödykkeen arvosta. Kiertotalouden tavoitteena on hyödykkeiden arvon säilyttäminen ja jätteen syntymisen ehkäiseminen, ei niinkään jätteen tuottamisen jatkaminen ja sen tehokas kierrättäminen materiaalina. (Sitra 2014, s. 3) Tämän vuoksi kiertotalousajattelun on ulotuttava tuotteen koko elinkaaren suunnitteluun eikä vain sen loppupäähän. Materiaalit on pidettävä suljetussa kierrossa joka tapauksessa ja materiaalin palauttaminen materiaaliksi tulisi tehdä vasta kun hyödykkeen arvoa ei saa enää muuten tehokkaasti talteen (Sitra 2014, s. 3).

Rakennusallalla on kiertotalouden näkökulmasta suuri potentiaali. Kaksi merkittävintä ja kiinnostavinta näkökulmaa kiertotalouden soveltamisen kannalta ovat rakennusten käyttöasteen parantaminen ja toisaalta rakennusosien ja -materiaalien eroteltavuuden helpottaminen ja hyödyntäminen rakennuksen elinkaaren lopussa.

Rakennusten käyttö on tehostettavissa niiden muunneltavuuden ja monikäyttöisyyden kautta, jotka pidentävät rakennusten elinikää sekä vähentävät tarvetta rakentaa uutta. (Sitra 2014, s. 57)

Suunnittelijan on siis hyväksyttävä sekä rakennuksen tulevaisuudessa kohtaamat muutokset että rakennuksen väliaikaisuus ja suunniteltava niiden mukaan. Flager (2003, s. 8) kirjoittaa paremman mukautumisen käyttötarpeen muutokseen enteilevän rakennukselle suuremmalla todennäköisyydellä pidempää ikää. Kiertotalouden periaatteiden mukainen rakentaminen on mahdollista jakaa komponentteihin, joista kaikki olisi syytä ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon. Huomioitavat asiat on esitetty kuviossa 5 sijoiteltuina hierarkiaan, joka niiden välille on työtä tehdessä hahmottunut. Työn fokusalue on esitetty kuviossa 5 mustalla.



Kuvio 5: Kiertotalouden periaatteiden mukainen rakentaminen
(Rakennustieto Oy 2016, s. 1)

4

MUUTTUMAAN SUUNNITELTU

Muutokset tilantarpeessa ja sen käyttötavoissa ovat vaikeasti ennustettavia. Vuosina 1960–2017 suomalaisten asuntokuntien keskikoko on Tilastokeskuksen mukaan laskenut 3,34 henkilöstä 2,1 henkilöön. Yli neljän hengen talouksia oli 45 % kaikista kotitalouksista vuonna 1960 ja vuonna 2017 vastaava prosenttiosuus oli 13 %. Yhden hengen talouksien osuus taas oli 16 % vuonna 1960 ja se kasvoi vuoteen 2017 mennessä muodostamaan 43 % kotitalouksista. (SVT 2017) Näin radikaalit muutokset asuntokuntien rakenteessa olivat tuskin ennustettavissa 60-luvulla. Nyt suunniteltaessa on mahdotonta arvioida täysin tilannetta, joka asuntokysynnässä vallitsee 2070-luvulla. Siksi muutokseen on varauduttava niin, että tilat joustavat tarpeen vaatiessa ja kysynnän muuttuessa.

Kun rakennuksia puretaan pois uusien rakennusten tieltä, rakennetaan puretun tilalle keskimäärin 1,5 kertainen määrä kerrosalaa. Rakennusten muutokseen suunnittelemisen tulisi siis jossakin määrin sisältää myös kasvamaan valmistelemisen suunnittelun keinoin. Se, että asuinrakennuksia puretaan Suomessa muita rakennuksia vähemmän ja vanhempina, viittaisi puolestaan mahdollisuuteen korottaa rakennuskannan kokonaiselinkaaren pituutta muuttamalla asuinrakennuksiksi myös rakennuksia, joita ei alun perin ollut sellaisiksi suunniteltu. (Huuhka & Lahdensivu 2016)

Muutoksen, ilmastoystävällisyyden, sekä ihmisten tarpeita paremmin vastaavan asuntoarkkitehtuurin suunnittelu vaatisi muutosta myös arkkitehdin roolissa. Asuntoarkkitehti nähdään usein määräysten ja projektin muiden osapuolten asettamien rajoitusten välissä toimivana perinteisen suunnitteluohjeistuksen soveltajana. Asuinrakennuksia tuotetaan valtavalla volyymilla, ja usein tavoitteena suunnitteluratkaisujen takana vaikuttaisi olevan riskien minimointi, ei niinkään uusien, toimivampien ja joustavampien ratkaisujen löytäminen. Uusia sovelluksia syntyy lähinnä suunnittelukilpailujen tuloksina, ja ne edustavat häviävän pientä osuutta kaikesta tuotannosta. Arkkitehdin roolin on oltava sen verran vaikutusvaltainen projektien alusta lähtien, että perinteisistä suunnitteluratkaisuista uskalletaan tarpeen vaatiessa poiketa. (Krokfors 2017, s. 198–199)

4.1. ELINKAARISUUNNITTELU

Tyypillisesti rakennusprojektien suunnittelussa optimoidaan ensisijaisesti rakennuskustannukset ja -aikataulu pitäen huolen siitä, että rakennus täyttää siihen kohdistuvat määräykset mm. turvallisuuden ja huollettavuuden kannalta. Ylläpito- muutostyö- tai purkukustannuksille uhrataan paljon vähemmän huomiota kuin mitä niiden todellinen painoarvo on rakennuksen kokonaiselinkaarikustannuksista. Keskimääräisen rakennuksen rakennuskustannukset kattavat 46 % kokonaiselinkaarikustannuksista. Yli puolet kustannuksista, jäljelle jäävät 54 % syntyvät rakennuksen elinkaaren aikana, rakentamisen jälkeen. Ei siis ole edes taloudellisesti yhdentekevää, kuinka rakennuksia valmistellaan huollolle ja muutoksille. (Flager 2003, s. 20)

Rakentamisenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt lasketaan usein jakautuvan koko rakennuksen elinkaarelle (Huuhka & Lahdensivu 2016). Todellisuudessa ne luonnollisesti syntyvät kerralla rakentamisen aikana, ja käytönaikaiset kasvihuonekaasupäästöt vapautuvat ajan myötä kasvattaen prosentuaalista osuuttaan asumisen päästöistä lineaarisesti. Asumisen päästöistä, jotka kattavat sekä rakentamisen että asumisen, rakennuksen rakentamisesta syntyneiden päästöjen osuus 25 vuoden aikajänteellä mitattuna oli 60 %. (Heinonen et al. 2012) Tutkijat hyväksyvät yleisesti, että elinkaaripäästöissä asumisen aikaiset päästöt ohittavat lopulta rakentamisenaikaiset päästöt. On kuitenkin mahdollista, että rakentamisen aikaisten päästöjen ajallinen jakaminen koko elinkaarelle olisi elinkaariarvioinneissa näyttäytynyt virheellisesti suotuisana rakennusten purkamisen ja uusien rakentamisen kannalta. (Huuhka & Lahdensivu 2016)

Muutokseen suunnittelulla varautuminen on osa kokonaiselinkaarisuunnittelua, joka vaatii tiiviimpää yhteistyötä arkkitehtien, insinöörien, talotekniikkasuunnittelijoiden sekä urakoitsijan välillä ja aikaisemmassa vaiheessa kuin tyypillisessä rakennusprojektissa (Flager 2003, s. 22). Kokonaiselinkaarisuunnittelun merkittävimmät vaiheet ovat suunnittelutehtävän määrittely ja sen vaatimusten analysointi, vaatimusten muuttaminen arkkitehdin suunnitelmaluonnokseksi, rakenneratkaisu- vaihtoehtokonseptien suunnittelu ja valinta, elinkaarianalyysit ja alustava vaihtoehtojen optimointi, parhaan rakennevaihtoehdon valinta ja lopulta yksityiskohtaisen rakennesuunnitelman luominen. (Sarja 2002, s. 11–18)

Näistä vaiheista rakennusten elinkaarisuunnittelua tutkinut Asko Sarja (2002, s. 15–16) nostaa muutoskestävyyden kannalta oleellisimmaksi suunnitelmakonseptivaihtoehtojen valintavaiheen. Siinä vaiheessa tehdyt päätökset vaikuttavat ratkaisevasti rakennuksen rakenteiden taloudelliseen, ympäristölliseen, esteettiseen, toiminnalliseen ja tekniseen laatuun. Rakennusten tulevaisuuden arvo riippuu pitkälti siitä, kuinka ne pystyvät joustamaan käytön muutoksissa. Etenkin kantavan rakenteen ja talotekniikan joustavuus sekä niiden keskinäinen yhteensopivuus määrittävät muutostöiden onnistumismahdollisuuksia. Tämän vuoksi tulevaisuuden muutokset on otettava huomioon jo konseptia luonnosteltaessa. Modulaarinen suunnittelumetodi helpottaa elinkaarisuunnittelua, muttei ole välttämätön. Sarjan mukaan erityisesti seuraaviin asioihin huomiota kiinnittämällä saadaan aikaan rakennuksia, jotka todennäköisesti kestävät käyttötarpeen muutoksessa:

- Korkea huonekorkeus, joka mahdollistaa muutokset talotekniikassa
- Pitkät jännevälit, jotka mahdollistavat monenlaiset tilanjakoratkaisut
- Aukotuksen sijainti, joka mahdollistaa tilajaon muutokset
- Erillisiä moduuleja yhdistävien elementtien sijainti: portaitkot, käytävät, talotekniikan vertikaaliset ja horisontaaliset linjat
- Huoneiden väljä mitoitus, isommat huoneet ovat monikäyttöisempiä ja kalustettavissa useammalla eri tavalla kuin pienemmät
- Helposti liikuteltavat ja uudelleenkäytettävät väliseinät
- Helposti vaihdettavissa olevat sähkö- ja tietoliikennekaapelit

Elinkaarisuunnittelun seuraava tärkeä vaihe on elinkaarianalyysien tekeminen, jonka perusteella vaihtoehtoja voidaan rajata ja optimoida. Jokaiselle suunnitelmavaihtoehtolle tehdään seuraavat analyysit, joiden jälkeen suunnitelmia on mahdollista vertailla erilaisilla kriteereillä. Vertailun perusteella valitaan lopullinen suunnitelma, josta tehdään yksityiskohtaiset piirustukset.

- Rakennuksen osat luokitellaan tavoite-elinkaarensa perusteella ryhmiin.
- Arvioidaan, kuinka monta kertaa kukin rakennuksen osa on korjattava tai vaihdettava rakennuksen tavoite-elinkaaren aikana.
- Lasketaan rakennuksen taloudelliset sekä ympäristölliset kokonaiskustannukset sen tavoite-elinkaaren ajalle.
- Optimoidaan kunkin suunnitelman elinkaarikustannuksia muuttelemalla arvoja tietyissä rajoissa.

Flager (2003, s. 21) listaa rakennuksen kokonaiselinkaaren suunnittelun hyviä puolia suhteessa tyypilliseen rakennustapaan:

- Lisää tietoa kustannuksista, jolloin asiakkaan on helpompaa valita vaihtoehtojen väliltä. Kokonaiselinkaarikustannukset on mahdollista minimoida tekemällä oikeita valintoja suunnitteluvaiheessa.
- Vähentää rakennuksen riskiä vanhentua ennenaikaisesti ottamalla muunneltavuuden huomioon jo suunnitteluvaiheessa.
- Valintoja ohjaava tieto on määrällisesti sekä laadullisesti parempaa, mikä helpottaa suunnitteluprosessin johtamista ja ohjaa lopputuloksen kannalta todennäköisesti parempiin valintoihin.
- Ohjaa tekemään ympäristön kannalta kestäviä valintoja.

4.2. MUUNTOJOUSTO

Rakennusten joustavuuden voi jakaa kahteen kategoriaan: rakentamisaikaiseen ja elinkaarenaikaiseen. Rakentamisaikaisen joustavuuden tavoitteena on rakennusprosessin helpottaminen ja nopeuttaminen sekä näiden mahdollistama taloudellisen hyödyn maksimointi. Käytönaikaisen joustavuuden mukaan rakennus on prosessi, joka on yhtä pitkä kuin rakennuksen elinkaari. Jälkimmäinen näkökulma ei ole koskaan ollut asuntotuotannossa ensisijainen tavoite, vaan suunnittelun käytännöt ovat pitkälti rakentuneet rakentamisaikaisen joustavuuden ympärille. Molemmat joustavuuden tasot on mahdollista saavuttaa samassa projektissa, eli ne eivät sulje toisiaan pois. Elinkaarenaikaista joustavuutta kutsutaan yleisemmin muuntojoustavuudeksi. Muuntojouston voi jakaa monikäyttöisyyteen ja muunneltavuuteen, joista kerrotaan seuraavissa alaluvuissa lisää. (Krokfors 2017, s. 227–228)

Vaikka asuinrakennukset ovat pitkäikäisempiä kuin muut rakennukset (Huuhka & Lahdensivu 2016), niiden muuntojoustavuuden suunnittelulla on kiinni otettavaa muulta rakennuskannalta. Asumisen tarpeissa tapahtuvat muutokset ovat hitaampia kuin esimerkiksi toimistorakentamisen kohtaamat toimitilatarpeen muutokset. Hitaampi muutos selittää asuinrakentamisen vähäisempää joustavuutta. Muuntojoustavuuden puuttuminen asuinrakentamisessa näkyy kuitenkin hankaluuksena myös esimerkiksi putkiremonttien kaltaisissa suurissa korjaustoimenpiteissä. Muuntojoustavuus voi merkittävästi vähentää asunnon elinkaarikustannuksia. (Rakennustieto Oy 2016, s. 1)

4.2.1. MONIKÄYTTÖISYYS

Monikäyttöisyys on rakennuksen, asunnon tai huoneen mukautumista erilaisiin tilantarpeisiin ja niiden muutoksiin ilman tilan rakenteellista muuttamista. Se perustuu asuntojen kalustettavuuteen monella eri tavalla, mikä vaatii mitoitukselta väljyyttä, joten monikäyttöisten asuntojen pinta-alat ovat usein huonelukuun nähden suuria. Monikäyttöisyyteen perustuvien asuntoratkaisujen seinät ovat pysyviä ja talotekniikka kiinteää. Kulkureittien esteettömyys sekä hyvä äänieristys kuuluvat myös monikäyttöisen suunnittelun arvoihin. (Rakennustieto Oy 2016, s. 1–2) Monikäyttöisyyden kolme päälogiikkaa ovat asuntojen joustavuutta tutkineen Jyrki Tarpion (2015, s. 390) mukaan avotilalogiikka, halli ja huoneet -logiikka sekä monireittilogiikka.

Avotilalogiikassa asunto on huoneiksi jakamaton avara tila, suurhuone, jonne asukas voi kalustuksella vapaasti määrittää eri toiminnot. Rajaukset eri toimintojen välillä voidaan väliseinien sijaan tehdä kalustuksella tai verhoilla. Avotilalogiikka mahdollistaa suuren joustavuuden, nopeat muutokset sekä suuren määrän vapautta toimintojen sijoittelussa. Kuitenkin vettä vaativat toiminnot on suunniteltava asuntoon ennalta, ja peseytymisen sekä ulostamisen vaatimat tilat on usein eristetty suurhuoneesta erilliseksi omaksi märkätilakseen. (Tarpio 2015, s. 111)

Halli ja huoneet -logiikka perustuu asunnon jakamiseen useaan erilliseen huoneeseen, joihin ei sijoitu läpikulkua. Läpikulkemattomat huoneet ovat monikäyttöisempiä kuin läpikuljettavat, sillä niitä voi käyttää sekä yksityisyyttä vaativiin toimintoihin että yhteisiin toimintoihin. Läpikuljettava huone soveltuu luontevasti lähinnä yhteistilaksi. Kulku on ohjattu erilliseen, sille varattuun huoneeseen, halliin. Monikäyttöisyyttä tuo huoneiden kalustettavuus usealla eri tavalla erilaisille toiminnoille, mikä vaatii väljätköä mitoitusta ja sopivaa muotoa. (Tarpio 2015, s. 149)

Monireittilogiikassa huoneet ovat monikäyttöisiä ja kulku niiden läpi on vaihtelevaa. Huonesarjan huoneiden välille on puhkaistu useita yleensä ovin varustettuja aukkoja, joita avaamalla ja sulkemalla tilaa voidaan käyttää eri tavoin ja näin muodostaa erilaisia reittejä ja huoneosastoja. Huoneet ovat siten lähtökohtaisesti läpikuljettavia, mutta asukkaan niin halutessa voi läpikulun katkaista, mikä takaa tilaan enemmän yksityisyyttä. Muutosten tekeminen perustuu ovien avaamiseen ja sulkemiseen, mikä tekee siitä helppoa ja nopeaa. (Tarpio 2015, s. 173–174)

4.2.2. MUUNNELTAVUUS

Muunneltavuus on rakennuksen, asunnon tai huoneen mukautumista vastaamaan muuttunutta tilantarvetta siten, että tilaa muutetaan rakenteellisesti esimerkiksi tilajaon, talotekniikan tai yksittäisen asunnon osalta. Muunneltavuus mahdollistaa hyvän tilatehokkuuden kun huoneet on mitoitettu toiminnoilleen ja se huomioi asukkaan toiveita sekä muuttuvia elämäntilanteita. Rakenteellisesti muunneltavuus edellyttää kantavien rakenteiden ja tilaa jakavien seinien erottamista toisistaan, mikä helpottaa tulevaisuudessa myös rakennuksen saneerattavuutta. (Rakennustieto Oy 2016, s. 1–2) Muunneltavuuteen perustuvan joustavuuden ympärille voisi kehittyä lisää liiketoimintaa tulevaisuudessa. Joustava rakennus tarjoaa mahdollisuuden esimerkiksi tilajaon toteuttamiseen palveluna, mikä antaisi asukkaalle enemmän vapautta toteuttaa tarpeisiinsa sopivat tilaratkaisut. (Habraken 2008, s. 295)

Muunneltavien asuntojen pinta-ala suhteessa huonelukuun on usein pienempi kuin monikäyttöisyyden periaatteilla suunnitelluissa asunnoissa (Rakennustieto Oy 2016, s. 4). Pieni pinta-alan ja huoneluvun suhde tukee kestävää kehitystä, kun se mahdollistaa suuremman määrän asukkaita pienempään asuntoon, jolloin asumisen päästöt jakautuvat suuremmalle ihmismäärälle. Tarpio (2015, s. 390) jakaa muunneltavuuden neljään logiikkaan: kytköhuonelogiikkaan, muuntoaluelogiikkaan, moduulistruktuurilogiikkaan ja ytimestä kasvamisen logiikkaan.

Kytköhuonelogiikka mahdollistaa asunnon koon muutokset vähäisin rakenteellisin toimenpitein. Asuntoa saa kasvatettua tai pienennettyä tähän logiikkaan perustuvissa rakennuksissa lisäämällä tai poistamalla asunnon alasta erityisiä kytköhuoneita, jotka on tarkoitettu jo suunniteltaessa helposti liitettäviksi ja luovutettaviksi. Kytköhuoneet on sijoitettu rakennuksessa sopivasti asuntojen reunoille, kahden tai useamman asunnon väliin. Muutokset toteutetaan puhkaimella huoneen ja asunnon väliin aukko tai vastaavasti sulkemalla se. (Tarpio 2015, s. 211, 213)

Muuntoaluelogiikalla suunnitellun asunnon huonejako on asukkaan päätettävissä ja muutettavissa. Asunto on kotelomaisen raakatilan sisällä, ja huonejako toteutetaan muutettavissa olevilla väliseinillä asukkaan toiveiden mukaan. Tässä logiikassa huonejakoa rakennettaessa ja muutettaessa myös talotekniikan reititysten muutokset ovat mahdollisia. (Tarpio 2015, s. 241) Muuntoaluelogiikan periaatteet vastaavat alaluvussa 2.2.3. esitellyn kerrostaen rakentamisen periaatteita.

Moduulistruktuurilogiikan joustavuus perustuu mahdollisuuteen sovittaa sekä asunnon koko että huonejako vastaamaan asukkaan tarpeita. Joustavuus aikaansaadaan vaiheistetulla rakentamisprosessilla. Ensin toteutetaan rakennuksen runko, joka on tässä vaiheessa seinätöntä, puoliavointa raakatilaa. Seuraavaksi asunnot rajataan raakatilasta seinillä ja lopulta toteutetaan asuntokohtainen huonejako väliseinillä ja sovitetaan asuntoon tarvittava varustus. Prosessin huolellinen organisointi tarjoaa asukkaalle laajat mahdollisuudet vaikuttaa asuntoonsa jo rakentamisvaiheessa ja muuttaa asuntoa haluamallaan tavalla käytön aikana. (Tarpio 2015, s. 285) Myös moduulistruktuurilogiikka noudattaa pääperiaatteiltaan kerrostaen rakentamista.

Ytimeistä kasvamisen logiikka tarjoaa mahdollisuuden asunnon kasvattamiseen asumisen aikana, mutta ei sen pienentämiseen. Rakentaminen jakautuu kahteen tai useampaan vaiheeseen. Ensin rakennetaan ydinosa, jossa on asumiseen tarvittavat välttämättömät tilat ja joka palvelee asuntona sellaisenaan. Asunnon yhteyteen varataan alue, jolle asukas voi halutessaan laajentaa asuntoaan rakennuttamalla lisätilaa tai muuttaen asuinkelpoisiksi tiloja, jotka eivät sitä ydinosan rakentamisen jälkeen vielä olleet. Asukas voi näin laajentaa asuntoaan omaan tahtiinsa elämäntilanteestaan johtuvan kasvaneen tilantarpeen tai käytössään olevien taloudellisten resurssien mukaan. (Tarpio 2015, s. 329)

5

YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää arkkitehdin keinoja edistää kiertotalouden toteutumista asun-
tosuunnittelussa. Työtä tehdessä selvisi, että arkkitehdin vaikutusvalta rajoittuu usein yleisesti
hyväksyttyjen toimintatapojen toistamiseen ja suuri osa kiertotalouden kannalta oleellisista
päätöksistä jää muiden kuin arkkitehtien tehtäviksi. Suunnittelijan valta ei aina ulotu materiaali-
tai rakennusteknisiin valintoihin, joilla mielletään usein olevan eniten merkitystä rakennuksen
ympäristöystävällisyyden kannalta. Arkkitehtisuunnittelulla voi kuitenkin oleellisesti vaikuttaa
siihen kuinka rakennus kestää ajan ja käytön muutoksia ja sillä voi merkittävästi pidentää raken-
nusten ikää. Tutkimuksen edetessä tämän huomion tärkeys korostui ja työ rajautui sen teke-
misen aikana syventymään tähän näkökulmaan, johon erityisesti arkkitehdeilla on annettavaa.

Tutkielman alkupuoli keskittyi ravistelemaan rakentamisen lineaariseen talousjärjestelmään
perustuvaa ajattelua teorioiden kautta. Keskeisimmiksi aihetta taustoittaviksi näkökulmiksi
valikoituivat metabolismi, biomimetikka ja kerrostaen rakentaminen. Ne eroavat toisistaan
käytännönläheisyyden asteessa ja tarjoavat erilaisia lähestymistapoja kiertotalouden ja ark-
kitehtuurin yhdistämiseen sekä laajan silmäyksen omaa käsittelyäni edeltävään teoriaan ja
tutkimuksiin.

Arkkitehtien tulisi ymmärtää vaikuttamismahdollisuutensa ja muutokseen suunnittelemisen tärkeys osana kestävästä rakentamisesta ja kiertotaloutta. Suunnittelua ohjaavia näkökulmia on myös hyvä kyseenalaistaa. Arkkitehtien olisi syytä kerryttää osaamistaan muutosten suunnittelusta ja ohjata projekteja itsevarmasti kestävämpään suuntaan. Samalla heidän tulisi olla luonnon prosessien edessä nöyriä ja hyväksyä rakennusten väliaikaisuus ja tarve muutoksille. Jotta arkkitehtien vastuu voisi kattaa koko rakennuksen elinkaaren, on hänellä oltava enemmän tietoa kestävästä suunnittelusta kuin mitä tämänhetkinen koulutus tarjoaa. Osaamisen hyödyt saadaan maksimoitua, kun arkkitehti otetaan suunnitteluun mukaan aivan projektin alusta lähtien. Arkkitehteillä olisi mahdollisuus toimia suunnannäyttäjinä kiertotalouden periaatteiden soveltamisessa käytäntöön.

Elinkaarisuunnittelu auttaa rakennusta varautumaan käytön muutoksiin, ja se vaatii tiivistä yhteistyötä arkkitehtien, insinöörien ja urakoitsijan välillä. Elinkaarisuunnittelussa lasketaan suunnitelmavaihtoehtojen taloudelliset ja ympäristölliset kokonaiselinkaarikustannukset, jotka vaikuttavat lopullisen suunnitelman optimointiin ja valintaan. Seuraavat tekijät parantavat rakennusten joustavuutta ja kannattaa mahdollisuuksien mukaan huomioida suunnittelussa: korkea huonekorkeus, pitkä jänneväli, tilajaon muutokset salliva aukotuksen, käytävien, portaikojen ja talotekniikan sijoittelu, huoneiden väljä mitoitus sekä väliseinien helppo liikuteltavuus ja uudelleenkäytettävyys. Muuntojoustava suunnittelu lisää erityisesti asuntotuotannon funktionaalista kestävyyttä. Se jakautuu monikäyttöisyyteen ja muunneltavuuteen, jotka puolestaan jakautuvat erillisiksi käytön muutoksia eri tavoin mahdollistaviksi logiikoikseen. Joustavuuden suunnittelussa oleellista on sen huomioiminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa suunnitteluprosessia. Mitä aikaisemmin tulevia muutoksia varten aletaan suunnitella, sitä suuremmalla todennäköisyydellä varautumisessa onnistutaan.

Kiertotalousmallin käyttöönotto on toistaiseksi kesken. Sen näkökulmien pikainen huomioinnottaminen rakennusallalla olisi suotavaa, sillä alalla on valtava volyymi ja aika ilmastomuutoksen hidastamiseen siedettävälle tasolle alkaa loppua. Kiertotalousmallin soveltaminen on järkevää sekä ympäristön että talouden kannalta, mutta sen käyttöönotto vaatii edelleen suuria rakenteellisia muutoksia käynnistykseen kunnolla. Muutokset eivät myöskään ole välttämättä heti taloudellisesti kannattavia, mikä ymmärrettävästi vähentää toimijoiden halukkuutta kokeilla uutta. Kiertotalouden soveltaminen arkkitehtuurissa on äärimmäisen laaja aihe, ja työn ulkopuolelle oli jätettävä monia tärkeitä näkökulmia. Jatkotutkimusta olisi

mielenkiintoista tehdä kiertotalouden rakennusteknisistä edellytyksistä, joita ei tässä työssä ollut mahdollista käsitellä. Materiaalien biologisen ja teknisen kierron huomiointi suunnittelussa on kiinnostava aihe, josta jokaisen arkkitehdin tulisi mielestäni tietää ja soveltaa työssään. Aihetta voisi tutkia ainakin eroteltavuuden, myrkyttömyyden sekä rakennusosien standardisoinnin näkökulmista.

Kestävän rakentamisen edessä on myös terminologisia haasteita, jotka tekevät aiheen käsittelystä sekä käsitteistön oikeaoppisesta yleistymisestä mutkikasta. Jo sana *kestävyys* on monimerkityksinen ja jaettavissa ainakin rakenteelliseen, funktionaaliseen ja esteettiseen kestävyyskäsitteeseen. Aina ei ole yksiselitteistä missä merkityksessä kestävyyttä käsitellään. Myös sana *kierrätys* tuottaa päänvaivaa, sillä se on laajassa käytössä yleiskielessä, mutta kiertotalouden käsitteistön kannalta yleiskielinen käyttö on usein virheellistä. Kierrätys eli *recycle*, tarkoittaa hyödykkeen etenemistä samantarvoisessa kierrossa kuin mistä se lähti liikkeelle. Kierrätyksessä hyödykkeen arvo ei siis laske vaan säilyy. Ongelma syntyy kun halutaan puhua kierrossa etenemisestä, jossa hyödykkeen arvo laskee. Sitäkin kutsutaan yleisesti, vaikkakin virheellisesti kierrätykseksi. Englanniksi arvoa laskevalle kiertämiselle on oma käsitteensä, *downcycle*, mutta suomenkielistä käännöstä en löytänyt. Siksi ehdotankin suomen kieleen sanalle *downcycle* käännöstä: *kiertomadallus*, joka toimisi myös verbeinä: *kiertomadaltua* ja *kiertomadaltua*. Eksakti terminologia on tärkeää, sillä moniselitteisyys voi helposti sekoittaa ihmiset tyytymään lineaariseen talousmalliin, jossa tapahtuu vain satunnaista uudelleenkäyttöä, mikä hidastaa varsinaisen kiertotalousmallin yleistymistä.

L Ä H T E E T

Brand, S. (1994). How buildings learn: What happens after they're built. New York: Viking.

Cheshire, D. (2016). Building revolutions: Applying the circular economy to the built environment. Newcastle upon Tyne: RIBA Publishing.

Duffy, F. (1990). Measuring building performance. Facilities, 8(5), s. 17-20. doi:10.1108/EUM0000000002112

Elinkeinoelämän keskusliitto EK. (2008). Materiaalitehokas toiminta säästää luontoa ja rahaa. [Viitattu 28.4.2019]. Saantitapa: http://www.kennotech.fi/doc/EKn_materiaalitehokkuusjulkaisu.pdf

Ellen MacArthur Foundation (2013). Towards the circular economy vol.1. [Viitattu: 10.3.2019]. Saantitapa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Eurostat, the statistical office of the European Union (2018). Circular material use rate, cei_srm030. Luxemburg: Eurostat, E2 (Environmental statistics and accounts; sustainable development). [Viitattu 29.4.2019]. Saantitapa: https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=cei_srm030&language=en

Flager, F. L. (2003). The design of building structures for improved life-cycle performance. [Viitattu: 20.2.2019]. Saantitapa: <https://core.ac.uk/download/pdf/4396738.pdf>

Habraken, J. (2008). Design for Flexibility. Building Research & Information, 36(3), s. 290–296. doi: 10.1080/09613210801995882

Heinonen, J., Säynäjoki, A.-J., Kuronen, M. & Junnila, S. (2012). Are the Greenhouse Gas Implications of New Residential Developments Understood Wrongly? Energies, 5, s. 2874–2893. doi: 10.3390/en5082874

Huhdanmäki, A., Jaakkola, A., Kännö, M., Lauronen, E., Maury, J. & Vuolanto, T. (2005). Ajankohtaisia asumisen teemoja. Näkökulmia Helsingin asuntokannan ja väestörakenteen kehittymiseen. (Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2005: 6). Helsinki: Kaupunkisuunnitteluvirasto. [Viitattu 29.4.2019]. Saantitapa: https://www.hel.fi/static/helsinki/paatosasiakirjat/Kvsto2005/Esityslista20/Liitteet/Ajankohtaisia_asumisen_teemoja.pdf?Action=s-d&id=053080331

Huuhka, S. & Lahdensivu, J. (2016). Statistical and Geographical Study on Demolished Buildings. Building Research and Information vol 44, s. 73–96. doi: 10.1080/09613218.2014.980101

Krokfors, K. (2017). Time for space : Typologically flexible and resilient buildings and the emergence of the creative dweller. Aalto University publication series: Doctoral Dissertations, 76/2017. Saatavissa palvelussa Aaltodoc. [Viitattu 20.4.2019]. Saantitapa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-7397-2> [urn]

Kurokawa, K. (1977). Metabolism in architecture. Lontoo: Castell & Collier Macmillan Publishers Ltd.

Köliö, A., Lahdensivu, J., Pakkala, T., Pentti, M. & Pikkuvirta, J. (2016). Kerrostalon eri julkisivuvaihtoehtojen elinkaaritarkastelu. Tutkimusselostus nro TRT/2433/2016. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. [Viitattu 18.4.2019]. Saantitapa: <https://wienerberger.fi/downloads/20161026064449/kerrostalon-eri-julkisivuvaihtoehtojen-elinkaaritarkastelu.pdf>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. Annettu Helsingissä 5.2.1999. [Viitattu 7.5.2019]. Saantitapa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Pawlyn, M. (2011). Biomimicry in architecture. London: RIBA Publishing.

Rakennustieto Oy (2016). RT 93-11231 Muuntojousto asuntosuunnittelussa, Yleiset perusteet. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS. [Viitattu 10.4.2019]. Saantitapa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.aalto.fi/kortit/RT%2093-11231>

Rakennustieto Oy (2008). RT 18-10922 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS. [Viitattu 18.4.2019]. Saantitapa: https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.aalto.fi/kortit/RT%2018-10922?external_system=Juha&page=1&query=RT%2018-10922

Sarja, A. (2002). Integrated life cycle design of structures. London: Spon Press.

Sitra. (2014). Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. [Viitattu: 5.3.2019]. Saantitapa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/kiertotalouden-mahdollisuudet-suomelle/>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Asunnot ja asuinolot [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-6745. 2017, Liitetaulukko 1. Asuntokunnat koon mukaan ja asuntokuntien keski-
koko 1960–2017. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 28.3.2019]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/asas/2017/asas_2017_2018-05-17_tau_001_fi.html

Tarpio, J. (2015). Joustavan asunnon tilalliset logiikat: Erilaisiin käyttöihin mukautumiskykyisen asunnon tilallisista lähtökohdista ja suunnitteluperiaatteista. Tampereen teknillinen yliopisto: Arkkitehtuurin laitos, Asuntosuunnittelu; Nro 18. [Viitattu 28.3.2019]. Saantitapa: https://tutcris.tut.fi/portal/files/5912129/Jyrki_Tarpio_Joustavan_asunnon_tilalliset_logiikat.pdf

Työ- ja elinkeinoministeriö (2018). Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella. Kansallisen materiaalitehokkuusohjelman päivitys 2017. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 5/2018. [Viitattu 28.4.2019]. Saantitapa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160559/TEMjul_5_2018_Kestavaa_kasvua.pdf

Vincent, J. F. V. (2016). Biomimetics in architectural design. *Intelligent Buildings International*, 8(2), s. 138-149. doi:10.1080/17508975.2014.911716

KUVALÄHTEET

Kuvio 1: Uusitalo, H. (2019), Mukaillen: Brand, S. (1994). How buildings learn: What happens after they're built. New York: Viking.

Kuvio 2: Uusitalo, H. (2019), Tiedot: Sitra. (2014). Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. [Viitattu: 5.3.2019]. Saantitapa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/kiertotalouden-mahdollisuudet-suomelle/>

Kuvio 3: Uusitalo, H. (2019), Tiedot: Sitra. (2014). Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. [Viitattu: 5.3.2019]. Saantitapa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/kiertotalouden-mahdollisuudet-suomelle/>

Kuvio 4: Uusitalo, H. (2019), Tiedot: Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy vol.I. [Viitattu: 10.3.2019]. Saantitapa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.I.pdf>

Kuvio 5: Uusitalo, H. (2019), Muuntojoustoa koskevat tiedot: Rakennustieto Oy (2016) RT 93-11231, Muuntojousto asutusuunnittelussa. Yleiset perusteet. Rakennustietosäätiö RTS. [Viitattu 10.4.2019]. Saantitapa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.aalto.fi/kortit/RT%2093-11231W>

